



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1713697 A1

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

(51)5 В 21 В 1/22, 29/00

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4785889/02  
(22) 23.01.90  
(46) 23.02.92. Бюл. № 7  
(71) Производственное объединение "Ново-  
краматорский машиностроительный завод"  
(72) Л.И.Один, А.М.Федоров и В.Н.Хлопо-  
нин  
(53) 621.771.23 (088.8)  
(56) Заявка Японии № 61-245908,  
кл. В 21 В 13/14, В 21 В 31/18, 1986.  
Заявка ФРГ № 3038865, кл. В 21 В  
29/00, 1986.  
  
(54) ПРОКАТНАЯ КЛЕТЬ  
(57) Изобретение относится к прокатному  
производству, а именно к рабочим клетям

2

прокатных станов. Цель изобретения – по-  
вышение эффективности регулирования по-  
перечной разнотолщинности и, тем самым,  
качества проката. Прокатная клеть включа-  
ет станину, комплект профилированных ра-  
бочих валков одинаковой длины, а также  
механизмы для осевой сдвигки и скрещива-  
ния этих валков. При этом профилировка  
комплекта валков выполнена в виде перио-  
дических конгруэнтных кривых, предпосы-  
тельно синусоид, имеющих на длине бочки  
два полных шага. Повышение эффективно-  
сти регулирования поперечной разнотол-  
щинности достигается за счет расширения  
сортамента, подверженного регулирова-  
нию. 9 ил.

Изобретение относится к прокатному  
производству, а точнее к рабочим клетям  
прокатных станов.

Известна рабочая клеть, включающая  
станины, валки с подушками и средства для  
осевой сдвигки валков в разные стороны. С  
целью повышения эффективности регулиро-  
вания поперечной разнотолщинности поло-  
сы образующие бочек рабочих валков  
выполнены с криволинейным выпукло-вог-  
нутым "бутылочным" профилем, обес-  
печивающим при сдвигке изменение  
межвалкового зазора от середины бочки к  
краям. Учитывая, что в первом приближении  
профиль межвалковой щели при прокатке  
представляет собой двояковыпуклую чече-  
вицу, такое решение обеспечивает возмож-  
ность снижения общей поперечной  
разнотолщинности полосы.

Однако на практике межвалковый за-  
зор, вследствие воздействия совокупности  
различных факторов (неравномерного изно-

са, наиболее интенсивного на кромках, теп-  
лового расширения, максимального в сред-  
ней части, и прогиба валков от усилия  
прокатки) имеет более сложную, нежели че-  
чевицеобразная, форму, включающую до-  
полнительные выпуклости в промежуточных  
зонах между осью и кромками полосы. Поэ-  
тому после осевой сдвигки профилирован-  
ных валков, обеспечивающей коррекцию  
чечевицеобразного профиля, на полосе  
(особенно на широкой полосе) остаются вы-  
пуклые участки посередине между каждым  
краем и средней осью, снижающие эффект  
от регулирования разнотолщинности. Кро-  
ме того, степень эффективности регулиро-  
вания при сдвигке "бутылочных" валков  
прямо пропорциональна ширине полосы,  
т.е. для узких полос диапазон регулирова-  
ния разнотолщинности заметно снижается.

Таким образом, известная конструкция  
клети не обеспечивает в достаточной степе-  
ни регулирования поперечной разнотол-

(19) SU (11) 1713697 A1

щинности как для широких, так и для узких полос.

Известна также рабочая клеть, включающая станины, валки с подушками и механизмами для скрещивания валков в горизонтальной плоскости с целью регулирования поперечной разнотолщины полосы. Анализ изменения межвалкового зазора по ширине полосы при скрещивании (приведенный в описании изобретения) показывает, что оно прямо пропорционально квадрату удаления от оси прокатки. Поэтому такое решение позволяет эффективно компенсировать сужение кромок широкой полосы. Однако по этой же причине оно малоэффективно для узких полос (при уменьшении ширины вдвое диапазон регулирования сокращается в 4 раза). Кроме того, с помощью скрещивание невозможно устранить выпуклые участки на широких полосах в зоне между кромками и средней осью полосы.

Недостатком устройства является недостаточная эффективность регулирования поперечной разнотолщины как широкой, так и узкой полосы.

Наиболее близкой к предлагаемому решению является рабочая клеть, включающая станины, валки с подушками, а также механизмы для скрещивания и осевой сдвигки валков. Оснащение клети двумя независимыми системами регулирования поперечной разнотолщины (скрещивание и сдвигка) позволяет расширить диапазон регулирования.

Однако регулирование возможно лишь по закону: сужение посередине – расширение по кромкам, т.е. на участки полосы в зонах между кромками и серединой воздействие со стороны систем регулирования не производится, что снижает эффективность регулирования для широких полос. Кроме того, из-за параболического закона изменения межвалкового зазора при скрещивании для узких полос регулирование может осуществляться главным образом за счет сдвигки (скрещивание малоэффективно), т.е. диапазон регулирования является значительно меньшим, чем для широких полос.

Недостатком данного устройства является недостаточная эффективность регулирования поперечной разнотолщины как для широких, так и для узких полос; невозможность воздействия на полосу в промежуточных зонах между осью и кромками приводит к возникновению в них коробоватости, снижающей качество тонкой полосы. Цель изобретения – повышение эффектив-

ности регулирования поперечной разнотолщины и тем самым качества проката.

Цель достигается тем, что профилировка комплекта рабочих валков выполнена в виде периодических конгруэнтных кривых, предпочтительно синусоид, имеющих на длине бочки два полных шага (периода).

Такое выполнение устройства позволяет производить регулирование разнотолщины широких полос в два этапа: на первом этапе за счет скрещивания рабочих валков устраниТЬ сужение кромок, а на втором, условно разделив полосу по ширине на две части, каждой из которых соответствует один полный шаг синусоиды, за счет сдвигки валков устраниТЬ выпуклые участки в промежуточных зонах кромками и средней частью полосы. Для узких полос, на ширине которых также размещается один шаг синусоидального профиля, эффективность регулирования разнотолщины увеличивается в 1,5–2 раза.

Предлагаемая клеть позволяет производить профилировку комплектов рабочих валков, а именно выполнять ее в виде периодических конгруэнтных кривых, предпочтительно синусоид, с размещением на длине бочки каждого валка двух их полных шагов (периодов).

Предлагаемая клеть обеспечивает качественное повышение эффективности регулирования поперечной разнотолщины и профиля прокатываемой полосы, что улучшает качество проката.

На фиг.1 изображена прокатная клеть кварт, общий вид; на фиг. 2–разрез А–А на фиг.1; на фиг.3 – разрез Б–Б на фиг.2; на фиг.4 – то же, положение при сдвигке валков; на фиг.5 – схема расчета регулирования разнотолщины при скрещивании; на фиг.6 – разрез В–В на фиг.5; на фиг.7 – форма межвалкового зазора и сечения широкой полосы перед регулированием; на фиг.8 – то же, после скрещивания; на фиг.9 – то же, после скрещивания и сдвигки.

Рабочая клеть состоит из станин 1, рабочих валков 2 с подушками 3, опорных валков 4 с подушками 5, механизмов 6 осевой сдвигки рабочих валков 2, установленных на станинах 1 и соединенных с подушками 3, а также гидроцилиндров 7 скрещивания пар рабочих и опорных валков, размещенных в подушках 5. Бочки рабочих валков имеют одинаковую длину, а их образующие выполнены с периодическим синусоидальным профилем, причем на длине бочки размещено два полных шага синусоиды (фиг.3, 4). В исходном положении, когда торцы бочек верхнего и нижнего валков совмещены (фиг.3), образующие их конгруэнтны, т.е.

межвалковый зазор на всей длине бочки одинаков.

Механизмы скрещивания предназначены для коррекции общей чечевицеобразности межвалкового зазора при прокатке. Изменение величины зазора по длине бочки валка определяется из геометрических соображений (фиг.5, 6) следующим выражением:

$$\delta_1(x) = \sqrt{(d + \Delta_0)^2 + (2\alpha x)^2} - (d + \Delta_0)$$

где  $d$  – диаметр валка;

$\Delta_0$  – исходный зазор;

$\alpha$  – угол скрещивания;

$x$  – координата, измеренная вдоль оси бочки валка от оси прокатки.

Выполнив преобразования и пренебрегая малыми второго порядка, получим:

$$\delta_1(x) = 2\alpha^2 x^2 / d$$

Диапазон регулирования разнотолщины для полосы шириной  $b$  составляет

$$\delta_1 = \alpha^2 b^2 / 2d$$

Параболический характер увеличения межвалкового зазора от середины к краям бочки валка при скрещивании позволяет эффективно устранять общую чечевицеобразность профиля, в особенности для широкой полосы ( $b \gg L$ ), однако не устраняет выпуклостей в промежуточных зонах между серединой и кромками широкой полосы. Разделив условно межвалковую щель после скрещивания на две части (по средней оси), представим ее профиль в виде двух чечевиц (с меньшей разнотолщинностью, чем была до скрещивания), каждой из которых соответствует один полный шаг синусоидального профиля валков. Уравнения образующих валков в системе координат, связанной с нижним валком (фиг.3, 4), имеют следующий вид:

для нижнего валка  $y_1 = d/2 + a \sin 4\pi x/L$ ;

для верхнего валка  $y_2 = d/2 + a \sin 4\pi x/L + \Delta_0$

где  $L$  – длина бочки рабочего валка;

$a$  – высота синусоиды.

При сдвигке на величину  $e$  в разные стороны образующие перестают быть конгруэнтными. Их уравнения приобретают следующий вид:

$$y_1 = d/2 + a \sin 4\pi (x-e)/L; \quad (1)$$

$$y_2 = d/2 + \Delta_0 + a \sin 4\pi (x+e)/L; \quad (2)$$

Величина  $\Delta(x)$  межвалкового зазора определяется следующим образом:

$$5 \quad \Delta(x) = y_2^1 - y_1^1 = \Delta_0 + 2a \sin 4\pi e/L \cdot \cos 4\pi x/L$$

$$\Delta(o) = \Delta(L/2) = \Delta_0 + 2a \sin 4\pi e/L$$

$$10 \quad \Delta(L/4) = \Delta_0 - 2a \sin 4\pi e/L$$

Описанная профилировка позволяет устранять выпуклости в промежуточных зонах между кромками и серединой для широких полос ( $b \gg L$ ) и устранять общую чечевицеобразность для узких ( $b \ll L/2$ ), где  $L$  – ширина полосы. Диапазон регулирования разнотолщины как для широких, так и для узких полос определяется:

$$15 \quad 20 \quad \delta_2 = \Delta(o) - \Delta(L/4) = \Delta(L/2) - \Delta(L/4) = \\ = 4a \sin 4\pi e/L \quad (3)$$

Если бы на длине бочки валка размещался только один шаг синусоидального профиля, уравнения (1), (2) имели бы следующий вид:

$$30 \quad y_1^1 = d/2 + a \sin 2\pi(x-e)/L;$$

$$y_2^1 = d/2 + \Delta_0 + a \sin 2\pi(x+e)/L$$

$$35 \quad \Delta(x) = y_2^1 - y_1^1 =$$

$$= \Delta_0 + 2a \sin 2\pi e/L \cdot \cos 2\pi x/L$$

Диапазон регулирования разнотолщины для любой ширины  $b$  определяется

$$40 \quad \delta_2 = \Delta(b/2) - \Delta(o) = \\ = 4a \sin 2\pi e/L \cdot \sin^2 \pi b/2 L \quad (4)$$

Подставляя  $b = L/2$  и сопоставив (3) и (4), получим, что диапазон регулирования разнотолщины узких полос увеличился в  $(2 \sin 4\pi e/L) / (\sin 2\pi e/L)$  раз. При  $L = 2000$  мм и  $e = 100-200$  мм диапазон регулирования увеличивается в 3-3,6 раза.

Устройство работает следующим образом

При прокатке широких полос перед прокаткой первой полосы данной партии производят скрещивание валков на угол  $\alpha_p$ , определяющийся формулой  $\alpha_p = \sqrt{2\delta_{1p} \cdot d} / b$ ,

где  $\delta_{1p}$  – расчетная разность толщин на кромках и посередине полосы без скрещивания (фиг.7). Такое скрещивание направлено на

выравнивание толщин посередине и на кромках, т.е. на устранение общей чечевичеобразности межвалкового зазора при прокатке.

В процессе прокатки посредством толщиномера определяют фактическую разность  $\delta_{1\phi}$  толщин по кромкам и по оси полосы, а также фактическую выпуклость  $\delta_{2\phi}$  в промежуточных зонах между кромками и осью (фиг.8). После выхода первой полосы из клети производят дополнительно скрещивание на угол  $\alpha_2^1 = 2 \delta_{1\phi} d / b$  (если  $\delta_{1\phi} > 0$ ) и сдвигку валков на величину  $e_\phi$ , определяются выражением  $e_\phi = (\text{Larcsin } \delta_{2\phi} / 4 a) / 4 \pi$  в результате которой происходит увеличение межвалкового зазора в середине и на кромках полосы и сужение в промежуточных зонах (фиг.4). Сочетание скрещивания на угол  $\alpha_\phi$  и сдвигки на величину  $e_\phi$  обеспечивает, таким образом, полную коррекцию профиля полосы, т.е. устранение как общей чечевичеобразности, так и выпукостей в зонах между осью и кромками (фиг.9).

Для узких полос ( $b < L/2$ ) влияние выпуклых участков в промежуточных зонах на общую величину поперечной разнотолщинности невелико, основную роль играет разность толщин непосредственно между кромками и серединой. Поэтому при прокатке узких полос коррекция профиля производится следующим образом: перед прокаткой первой полосы производят сдвигку на расчетную величину  $e_p$  определяющуюся выражением

$$e_p = (\text{Larcsin } \delta_{1p} / 4 a) / 4 \pi$$

После прокатки и определения фактической разнотолщинности производят сдвигку на величину  $e_\phi^1$ , составляющую

$$e_p = (\text{Larcsin } \delta_{1\phi} / 4 a) / 4 \pi$$

а в случае, если величина  $e_\phi^1$  превышает максимальную величину  $e_{max}$  сдвигки, обеспечивающую механизмами 6, производят сдвигку на величину  $e_{max}$  и скрещивание на угол  $\alpha_\phi^1$ , определяющийся выражением

$$\alpha_\phi^1 = \sqrt{2 (\delta_{1\phi} - \delta_2^{max}) d / b}$$

10

где  $\delta_2^{max} = 4 a \sin 4 \pi e_{max} / L$  –диапазон регулирования разнотолщинности посредством осевой сдвигки.

Таким образом, применение предлагаемого устройства обеспечивает качественное повышение эффективности регулирования поперечной разнотолщинности и профиля полосы, а тем самым качества проката, т.к. позволяет исправить разнотолщинность и дефекты профиля (волнистость, коробоватость) не только в центре и на кромках широкой полосы, но и в промежуточных зонах между осью и краями. Для узких полос применение устройства обеспечивает расширение диапазона регулирования разнотолщинности в 3–3,6 раза по сравнению с известными решениями.

**Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я**  
Прокатная клеть, включающая станины, комплект профилированных рабочих валков одинаковой длины, механизмы для их осевой сдвигки и скрещивания, отличающаяся тем, что, с целью повышения эффективности регулирования поперечной разнотолщинности и тем самым качества проката, профилировка комплекса рабочих валков выполнена в виде периодических конгруэнтных кривых, предпочтительно синусоид, имеющих на длине бочки два полных шага (периода).

30

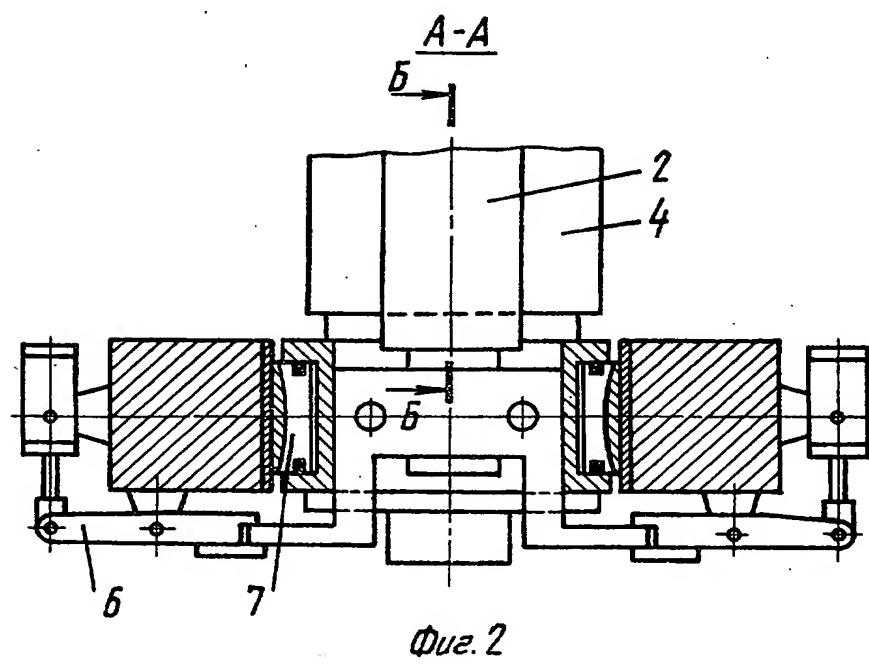
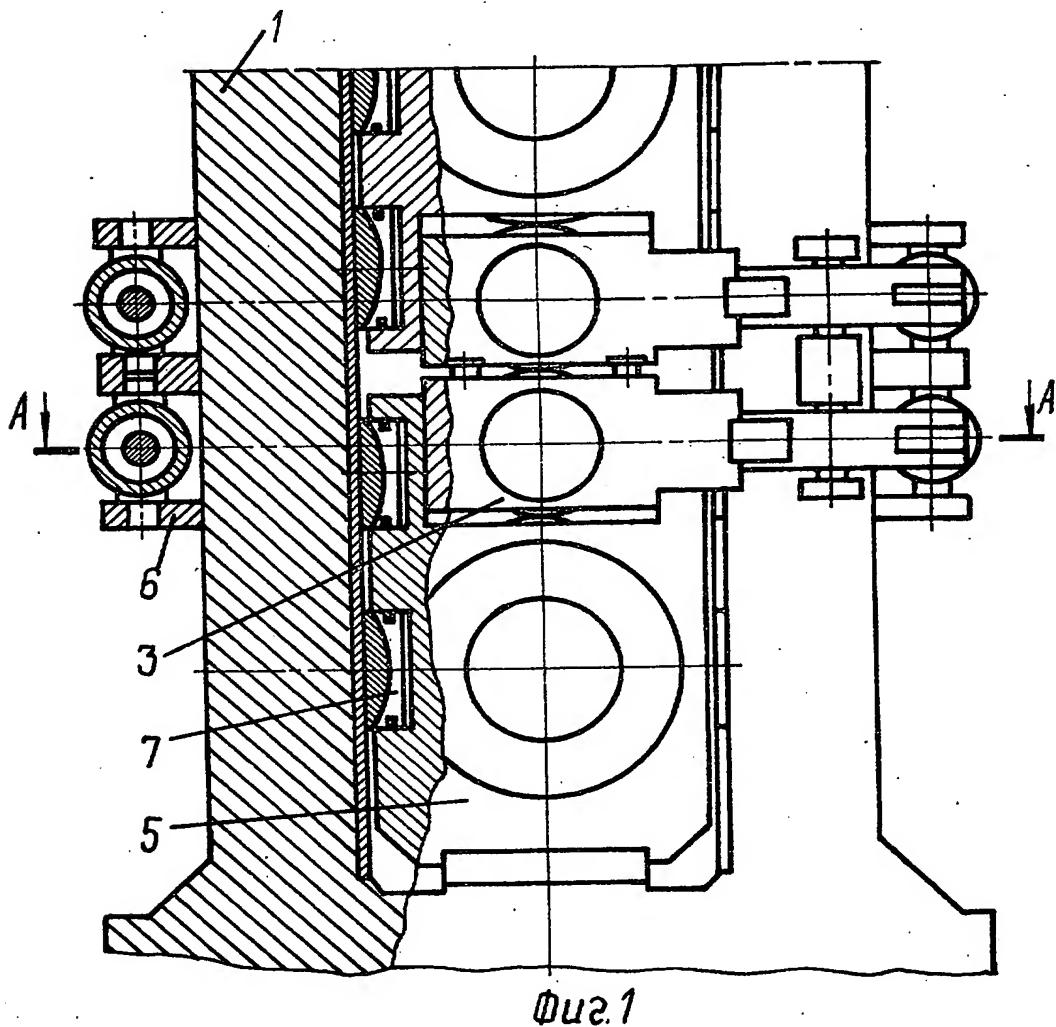
35

40

45

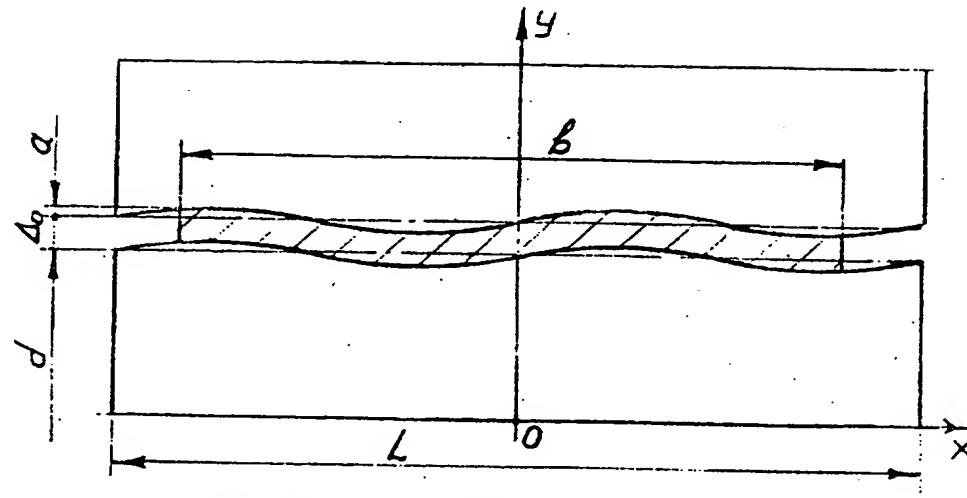
50

55



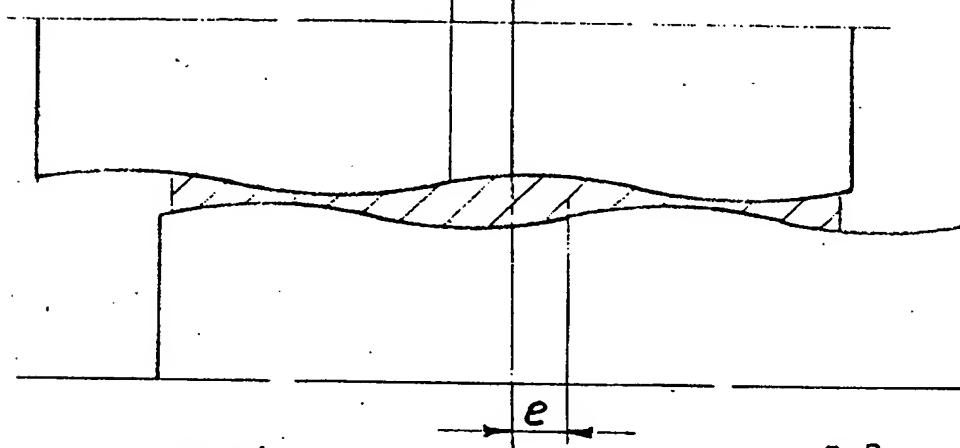
1713697

B-B

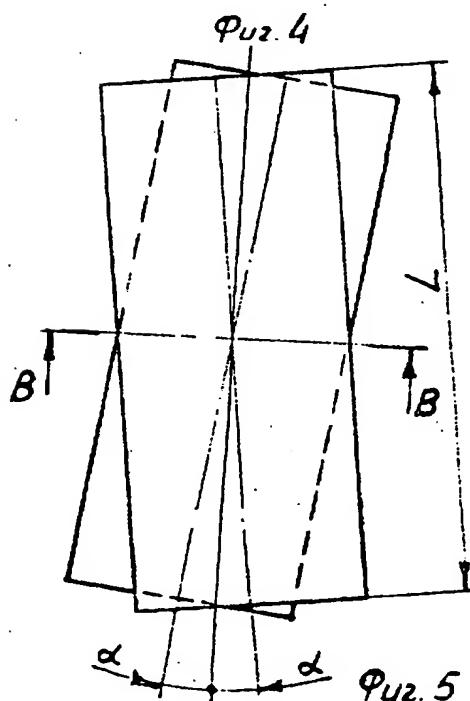


$\varphi_{u2.3}$

$e$



B-B



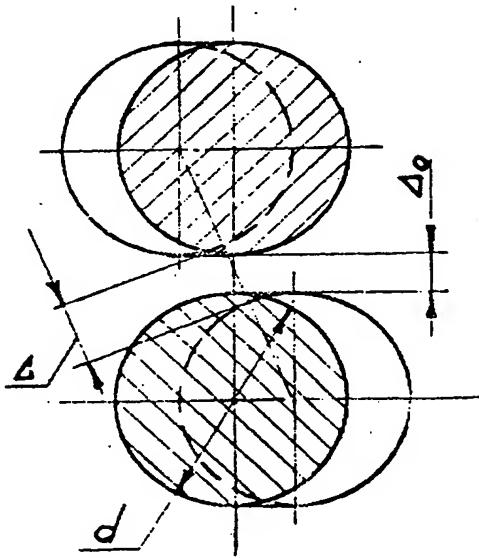
40

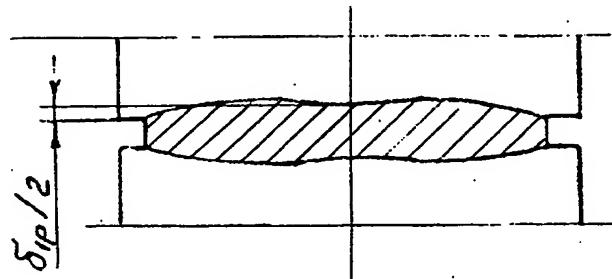
45

50

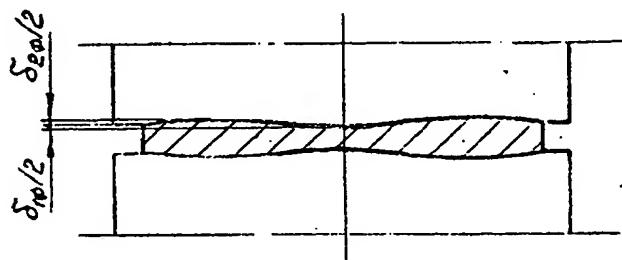
55

$d$

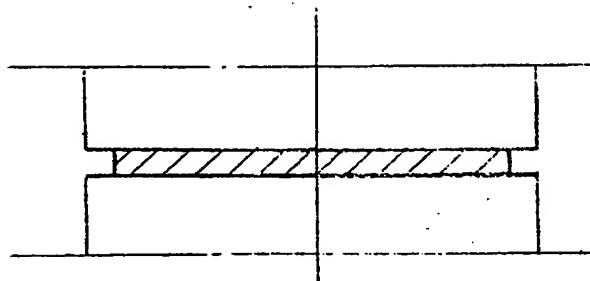




Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9